

PENGURUSAN SEDIMEN TERHADAP SUMBER AIR BERSEPADU: SATU KAJIAN KES DI SUNGAI CHINI, PEKAN. PAHANG

Mohd Ekhwan Toriman¹, Mohd Khairul Amri Kamarudin¹, Nor Azlina Abd Aziz¹, Haslinur Md Din¹, Frankie Marcus Ata¹, Nur Munirah Abdullah¹, Mushrifah Idris², Nor Rohaizah Jamil², Nurul Syazwani Abdul Rani¹, Mohd Hafiz Saad¹, Noraini Wahida Abdullah¹, Muhammad Barzani Gasim² & Mazlin Mokhtar³

ABSTRAK

Proses pengangkutan sedimen penting bagi pengukuran terhadap pelbagai aspek di dalam sesuatu aliran, termasuklah terhadap pengurusan sumber air bersepadu. Kajian analisis pengangkutan sedimen dan pengurusan sumber air bersepadu telah dijalankan di Sungai Chini, Pekan, Pahang pada 16/8/08 (musim normal) dan 4/12/08 (musim hujan). Satu-satunya aliran yang mengalir keluar dari Tasik Chini ke Sungai Pahang adalah Sungai Chini. Masalah sedimentasi yang berlaku di kawasan Sungai Chini memberi kesan yang besar terhadap penggunaan dan pengurusan sumber air di sekitar Tasik Chini. Jumlah sedimen yang banyak mendatangkan kesan terhadap penggunaan air masyarakat setempat, aktiviti rekreasi bagi tujuan pelancongan, pemendapan sedimen yang akhirnya menyebabkan sungai menjadi cetek dan berlakunya banjir. Kajian ini dijalankan bagi menganggar penghasilan muatan sedimen terampai di kawasan tadahan dan kesannya terhadap sumber air di sekitar Tasik Chini. Sebanyak tiga stesen persampelan telah dipilih, iaitu di Hulu Sungai Chini (S1), Tengah Sungai Chini (S2) dan Hilir Sungai Chini (S3). Bagi tujuan kajian ini, tiga parameter telah diukur, iaitu keratan rentas sungai, kepekatan sedimen terampai (mg/L) dan luahan sungai (dalam m³/s). Keputusan kajian yang diperolehi menunjukkan nilai luahan harian dianggarkan 136,656,000 L/hari pada musim normal dan 340,057,600 L/hari pada musim hujan. Purata konsentration sedimen terampai yang direkodkan bagi setiap stesen menunjukkan nilai berbeza bagi ke dua-dua jangka waktu, iaitu 40.8 mg/L pada musim normal dan 78 mg/L pada musim hujan. Nilai purata bagi ke semua stesen ini apabila ditukarkan kepada penghasilan muatan sedimen terampai per hari ialah di antara 318.329 tan/hari pada musim normal dan 3,192.155 tan/hari pada musim hujan. Secara keseluruhannya, angka ini jika ditakrifkan kepada setiap kilometer persegi menunjukkan anggaran purata sedimen yang diangkut keluar dari Tasik Chini ialah 1,755.242 tan/km²/tahun. Input daripada analisis ini penting dalam pengurusan sungai dan sumber air bersepadu khususnya dalam konteks sumber air bagi kegunaan tempatan, ekopelancongan, biodiversiti sungai, hidrologi dan hidraulik saliran.

Kata kunci: *Sedimentasi, Sungai Chini, Muatan Sedimen, Pengurusan Sumber Air, Luahan Sungai.*

ABSTRACT

Sediment carriage processes are important for the measurement of various aspects in a stream including the integrated water resources management. Study of the sediment carriage analysis and integrated water resources management was carried out at Chini River, Pahang on 16/8/08 (normal season) and 04/12/08 (rainy season). The only stream that flows out of Chini Lake to the

Pahang River is the Chini River. Sedimentation problems that occurred in Chini River have a major impact on the management of water resources around the Chini Lake. The amount of sediment can affect to the water use in the local community, recreational activities for the purpose of tourism, which eventually lead to the river getting shallow through deposition of sediment and eventually flooding. This study was conducted to estimate the production of suspended sediment load in the watershed and its impact on water resources around the Chini Lake. Three sampling stations were selected, which is at the upstream Chini River (S1), the middle of the Chini River (S2) and the downstream of the Chini River (S3). For this study, three parameters were measured, the cross section of the river, suspended sediment concentration (mg/L) and river discharge (m^3/s). The result obtained showed that the estimated daily discharge is 136,656,000 L/day during normal season and 340,057,600 L/day during the rainy season. The average suspended sediment concentration recorded for each station showed different values for both periods, which is at 40.8 mg/L in the normal season and 78 mg/L during the rainy season. The average for all the stations when converted to the production of suspended sediment load per day is between 318,329 tons/day during the normal season and 3,192.155 tons/day during the rainy season. Overall, these values if defined by each kilometers square show the average estimates of sediment transport out of the Chini Lake was 1,755.242 tons/ km^2/year . The input from this analysis is important in the management of rivers and water resources, particularly in the context of integrated water resources for domestic use, ecotourism, biodiversity of rivers, hydrology and hydraulics.

Keywords: *Sedimentation, Chini River, Amount of Sediment, Water Resources Management, River Discharge.*

PENGENALAN

Air merupakan sumber kehidupan utama terhadap hidupan di dunia ini. Air penting bagi makanan, ekonomi, manusia dan persekitaran. Sungai pula merupakan sumber air utama bagi kehidupan di dunia. Tidak hairanlah sehingga tercatatnya di dalam sejarah dan kitab-kitab lama akan kepentingan serta kebergantungan manusia terhadap sungai. Sebagai contoh, di dalam kitab Al-Quran mengatakan tentang sungai yang terdapat dalam syurga “Syurga yang mengalir di bawahnya sungai-sungai” (as-shaff : 12). Kepentingan sungai terhadap sumber air menyebabkan harus wujudnya kajian serta pengurusan terperinci terhadap sumber utama ini.

Proses pengangkutan sedimen merupakan punca utama terhadap pelbagai masalah yang timbul berkaitan penjagaan dan pengurusan sungai. Masalah kualiti air yang menyebabkan kekeruhan pada jasad air, keadaan air tidak neutral, mengeluarkan bau dan warna yang tidak menyenangkan biasanya timbul kesan daripada penambahan kepekatan sedimen terampai. Proses sedimentasi juga akan menyebabkan sungai menjadi semakin cetek dan mungkin terus lenyap. Implikasinya, akan menyebabkan berlakunya banjir kilat dan banjir besar di muara sesuatu saluran.

Enapan atau sedimen merupakan bahan yang terhakis dan diangkut menerusi regim air untuk sampai ke tempat pemendapan. Sedimen terampai biasanya mempunyai bahan koloid yang bersaiz mikro dan memerlukan hanya halaju sungai yang rendah untuk pengangkutannya dari satu titik ke satu titik. Manakala beban dasar sedimen merupakan beban yang bergaris pusat antara 0.2mm hingga ke 2mm, bergantung kepada struktur asas batuan dan tanah di sekitar

kawasan tersebut (Noorazuan Md Hashim et al 2001). Manakala menurut Felix Tongkul (2000), sedimen ialah bahan yang terhasil daripada proses luluhawa dan hakisan batuan yang biasanya diangkut oleh agen angin, air dan ais serta diendapkan secara berlapis. Secara amnya, sedimen memainkan peranan penting di dalam kitaran yang berkaitan dengan unsur dalam akuatik sekitaran. Oleh yang demikian, sedimen bertanggungjawab bagi pengangkutan nutrien dan bahan pencemar yang penting di dalam sesuatu sistem aliran/sungai yang merupakan penyebab utama kepada punca permasalahan pengurusan sumber air.

Umumnya, terdapat tiga proses fizikal yang mempengaruhi kandungan sedimen dan kualiti air. Ketiga-tiga proses tersebut saling berinteraksi di sepanjang alur sehinggalah ke bahagian muara sungai, proses tersebut adalah seperti hakisan, pengangkutan dan pemendapan. Walaubagaimanapun, kebanyakan sedimen dalam permukaan air adalah berpunca daripada permukaan hakisan dan mengandungi komponen galian, hakisan batuan dasar dan komponen organik semasa proses pembentukan tanah berlaku (Mohd Ekhwan Toriman, 2005). Pemendapan juga boleh berlaku di luar tebing sungai terutamanya selepas kejadian banjir. Ini kerana, sewaktu banjir, air akan membawa bersama beban sedimen dan apabila air surut, beban ini akan ditinggalkan sebagai longgokan sedimen (Mohd Ekhwan Toriman, 2007). Oleh itu, kualiti air sungai dan kuantiti sedimen dalam sungai akan dipengaruhi oleh faktor ini. Malahan, sedimen yang terlalu banyak ditakung dalam tasik dan sungai akan menyebabkan kecekatan pada tasik dan sungai berkenaan. Kesannya sewaktu musim hujan, kawasan itu akan lebih mudah mengalami banjir.

Lembangan saliran atau sungai adalah satu kawasan tadahan bagi air hujan yang mengalir masuk ke dalam tasik, sungai atau kawasan paya. Apa-apa jenis aktiviti pembangunan atau penerokaan yang berlaku di dalam kawasan lembangan ini akan memberi kesan terus terhadap kualiti air sungai/saliran yang terdapat di lembangan ini jika tidak dikawal. Implikasinya, penghasilan sedimen terampai melalui air larian permukaan yang terus ke sungai akan meningkatkan kepekatan sedimen dan menyumbang pelbagai masalah kepada pengguna sungai tersebut. Kemerosotan kualiti air sungai berkait rapat dengan faktor guna tanah yang melibatkan projek pembangunan seperti projek perumahan, pembukaan kawasan perindustrian, perdagangan, pembinaan kemudahan infrastruktur dan lain-lain. Pembuangan sisa industri, kumbahan domestik dan sebagainya yang dialirkan terus ke dalam sistem sungai telah menyebabkan terjadinya perubahan yang ketara terhadap kualiti air sungai. Pembangunan yang pesat dijalankan disekitar lembangan sungai serta dengan tahap pencemaran yang semakin serius menjadikan sungai hilang daya tampungnya.

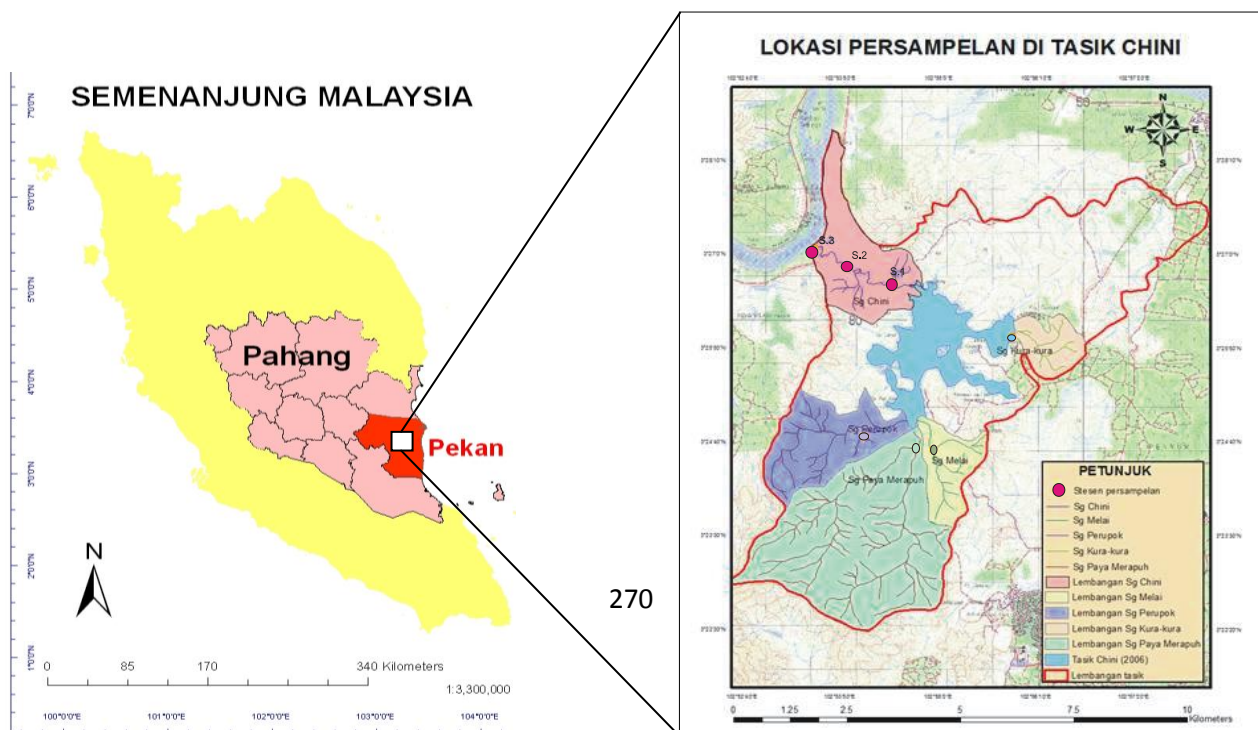
Perubahan kualiti air boleh di lihat pada tahap kesihatan lembangan sungai tersebut. Ini dapat di lihat pada perubahan warna air yang menjadi keruh dan berbau daripada keadaan asal yang dahulunya jernih dan selamat untuk kegunaan domestik. Keadaan ini berlaku akibat air larian hujan dan saliran-saliran longkang yang kebanyakan dialurkan terus ke dalam sungai. Pembuangan sisa pepejal dari kawasan perumahan dan kawasan pelancongan terus ke dalam sungai menyebabkan sungai dipenuhi oleh sampah sarap. Keadaan ini menyebabkan sungai semakin teruk tercemar (Detwyler et al.1985). Justeru itu, beberapa kaedah dan alatan digunakan di dalam kajian bagi tujuan melihat tahap kesihatan lembangan dan sungai ini. Secara spesifiknya, kajian ini dijalankan bertujuan untuk mengenalpasti perkara berikut:

1. Menganalisis kepekatan dan muatan sedimen yang terdapat di Sungai Chini bagi musim yang berbeza iaitu musim normal dan musim basah (hujan).
2. Mengenalpasti kesan sedimentasi terhadap pengurusan sumber air setempat.
3. Menentukan kepekatan sedimen terampai (mg/l) dan anggaran muatan sedimen ($\text{tan}/\text{km}^2/\text{tahun}$) yang terdapat di Sungai Chini (purata bagi kedua-dua musim).

KAWASAN KAJIAN

Tasik Chini merupakan tasik semulajadi kedua terbesar di Malaysia selepas Tasik Bera. Ia terletak di daerah Pekan, lebih kurang 100 km dari bandar Kuantan, 70 km dari bandar Pekan dan 40 km dari bandar Muadzam Shah, Pahang. Chini bererti ‘monyet’ dalam Bahasa Khmer, nama ini diberi oleh pedagang Khmer setelah mendapati kawasan tersebut dihuni ribuan monyet (Baszley Bee Basrah Bee et. all di dalam Mushrifah Idris. 2005). Umumnya Tasik Chini yang juga terkenal dengan lagenda naga merupakan kawasan eko-pelancongan. Tasik Chini terdiri daripada gabungan 12 buah jasad air terbuka yang lebih dikenali sebagai ‘laut’ oleh Orang Asli suku kaum Jakun. Tasik ini bersaiz lebih kurang 202 hektar (2.02 km^2) jasad air (kekal banjir) dan 700 hektar (7.0 km^2) kawasan paya air tawar dan di sekelilingi hutan paya. Tasik ini menerima bekalan air daripada beberapa sungai pembekal utama seperti Sungai Perupok, Sungai Melai, Sungai Gumum dan Sungai Datang. Air tasik pula mengalir keluar ke Sungai Pahang hanya melalui satu sungai iaitu Sungai Chini yang panjangnya sejauh 4.8 km (Mushrifah Idris et al. 2005).

Tasik Chini menjadi habitat pelbagai organisma akuatik seperti ikan, udang siput dan makroinvertebrat bentik. Terdapat juga pelbagai tumbuhan akuatik di sekitar kawasan tasik seperti pokok pandan, rumpai air, teratai dan kiambang. Di sesetengah kawasan tasik, ditumbuhi oleh pokok-pokok teratai dan terdapatnya pelbagai binatang liar seperti kelawar, tupai, ular dan monyet. Harta karun semulajadi dan sumber air yang baik ini telah menjadikan Tasik Chini kian diminati sebagai sebuah destinasi pelancongan yang menarik serta menyumbang terhadap ekonomi penduduk setempat amnya dan sekaligus kepada pendapatan negara umumnya.



Rajah 1: Lokasi Stesen Persampelan di Sungai Chini

Jadual 1: Lokasi Stesen Persampelan di Sungai Chini

Stesen	Garis Lintang	Garis Bujur
Hulu Sg.Chini (S1)	3°26'36.413" T	102°54'31.946" U
Tengah Sg. Chini (S2)	3°26'36.400" T	102°54'31.900" U
Hilir Sg. Chini (S3)	3°27'03.268" T	102°53'35.497" U

Selain itu, Pada tahun 1996, satu empangan kecil (baraj) telah dibina di kuala Sungai Chini untuk mengawal paras air tasik bagi tujuan pelancongan. Sebelum empangan dibina, kedalaman air setiap bahagian adalah tidak menentu, ada bahagian yang terlampau dalam dan juga yang terlampau cetek sehigga menyukarkan pergerakan bot. Setelah empangan dibina, barulah semua bahagian tasik mempunyai kedalaman yang sekata. Dengan itu, pergerakan menggunakan bot menjadi lebih mudah khususnya kepada orang asli yang tinggal di kawasan berhampiran tasik dan kepada pemandu bot pelancong (Sulong Mohamad & Mohd Ekhwan Toriman. 2006)

Namun begitu, setelah beberapa tahun, empangan tersebut telah dikesan sebagai penyebab kepada pengaliran air tasik menjadi kurang dinamik. Ekoran daripada pembinaan baraj di Sungai Chini, serta peningkatan aktiviti manusia seperti pertanian, perlombongan dan pembalakan, ekosistem semula jadi Tasik Chini mula menunjukkan tanda kemerosotan, seperti sebaran tumbuhan akuatik ekor kucing (*Cabomba furcata*), kemerosotan kualiti air, pengurangan tumbuhan teratai, pengurangan jumlah ikan serta peningkatan bakteria koliform dan *E. coli* (Shuhaimi-Othman et. al. 2005; Mushrifah Idris & Ahmad Abas Kutty. 2005). Aktiviti pembangunan tanah untuk eko-pelancongan, perladangan dan pembalakan yang berterusan serta tidak mesra alam juga telah memberi kesan negatif dan berkemungkinan berlaku hakisan tanah yang menyumbang kepada kemasukan sedimen yang berlebihan ke dalam tasik. Begitu juga bagi hutan hujan tropika yang mengelilingi lembangan Tasik Chini sudah menjadi hutan sekunder kerana telah dibalak. Ini mengakibatkan degradasi tanah, gangguan kepada ciri fiziko-kimia tanah dan juga hakisan tanah. Selain itu, penyusutan isipadu air tasik yang serius pada musim kemarau menyumbang kepada proses endapan sedimen. Justeru itu, kajian ini telah dijalankan bagi melihat kebenaran permasalahan sumber air yang timbul di kawasan lembangan ini.

METHODOLOGI KAJIAN

Persampelan analisis sedimen terampai dan kerja-kerja pengukuran nilai luahan sungai (keratan rentas) telah dilakukan sebanyak dua kali iaitu pada 16/8/08 (musim normal) dan 4/12/08 (musim basah). Sebanyak tiga stesen persampelan yang mewakili sepanjang Sungai Chini telah diambil, iaitu stesen 1 (S1) hulu Sungai Chini, stesen 2 (S2) pertengahan Sungai Chini dan stesen 3 (S3) di hilir Sungai Chini (Rajah 1 dan Jadual 1). Di setiap stesen, sampel air telah diambil dan disimpan di dalam botol khas (500ml) bagi tujuan menganalisis jumlah sedimen terampai (TSS) yang terdapat di Sungai Chini. Tiga replikasi sampel telah diambil bagi setiap stesen dan hasil kajiannya ditunjukkan mengikut purata replikasi tersebut. Ukuran keratan rentas sungai dan halaju air (V) bagi setiap stesen juga diambil dengan menggunakan beberapa alat seperti meter arus, tolok penyukat kedalaman, pita pengukur dan pancang. Kesemua sampel yang diambil

kemudiannya dianalisis di makmal. Parameter yang ditentukan secara in-situ adalah kelajuan aliran sungai, kelebaran sungai dan kedalaman sungai yang digunakan bagi mengukur nilai luahan tentu. Kaedah Gravimetrik digunakan untuk menganalisis parameter jumlah sedimen terampai (TSS). Jumlah ini juga diukur dalam unit mg/L.

Bagi tujuan kajian ini, sampel air sebanyak 250ml di setiap plot kawasan kajian diperlukan. Pengukuran pepejal terampai dilakukan dengan menimbang kertas membran yang berliang 0.45µm satu persatu dan mengambil bacaan. Selepas itu, kertas membran yang telah ditimbang diletakkan pada alat penuras yang telah disambung kepada pam vakum dan menggunakan pengepit untuk mengemaskannya. Sampel air sungai dicurahkan perlahan-lahan ke dalam balang alat penurasan. Kertas membran diambil dan dikering di dalam balang pengering. Setelah kertas membran kering, penimbangan dilakukan bagi mendapatkan bacaan. Langkah berjaga-jaga perlu diambil semasa pengambilan sampel air. Gangguan terhadap aliran air sungai harus berada pada tahap minimum untuk mengelakkan pemendapan pepejal terampai yang diukur. Kemudiannya, hasil bacaan tadi diambil dan dikira menggunakan rumus seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \frac{\{(\text{berat kertas turas} + \text{sisa kering}) - \text{berat kertas turas}\} \text{ (mg)} \times 1000}{\text{Isipadu air ditapis (mL)}} \\ &= \text{mg/L} / 1000 / 1000 / 1000 \\ &= \text{mg/L} \dots\dots\dots [1] \end{aligned}$$

Pengiraan nilai luahan (Q) pula dikira dari halaju purata (v) dan luas keratan rentas (A) atau $Q = vA$. Luas keratan rentas dapat dikira dari kedalaman air (d) dan kelebaran sungai (w). Bentuk luas keratan rentas adalah trapezium atau segitiga maka nilai yang dikira perlu dibahagi dengan dua (Rajah 2).

$$A = dw \text{ (m}^2\text{)} \text{ atau } A = \frac{1}{2}dw \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots [2]$$

Halaju sungai diukur dengan menggunakan meter alir (current meter) seperti yang diterangkan oleh Wan Ruslan Ismail (1994). Halaju akan diukur pada setiap keratan. Bagi sungai yang cetek yang mempunyai kedalaman sekitar 60 cm, halaju yang diambil adalah pada titik 0.6 darab kedalaman sungai. Jika kedalaman keratan itu melebihi 1m, halaju akan diukur pada 2 titik, iaitu terletak pada 0.2 dan 0.8 dari kedalaman ke permukaan (0.2d, 0.8d).

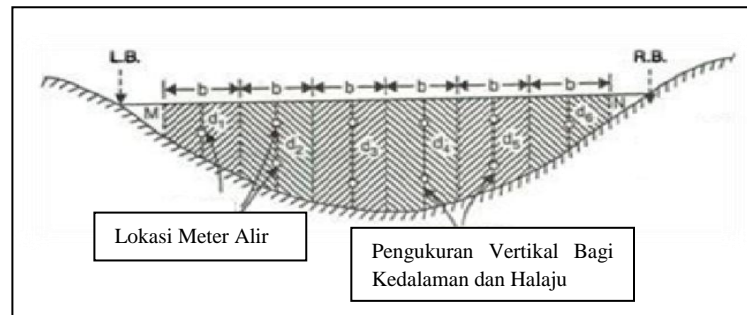
Jika luas keratan rentas (A) dan halaju purata (v) diketahui, luahan (Q) boleh dikira dari $Q = vA$. Oleh kerana kedalaman air dan halaju aliran tidak seragam bagi keseluruhan keratan rentas. Pengukuran luahan yang tepat diperolehi dengan membahagikan keratan rentas kepada beberapa siri sub-kawasan yang di panggil seksyen. Setiap seksyen dibatasi oleh air permukaan, dasar sungai dan 2 garis khayalan menegak, dipanggil Vertikal (Rajah 2). Setiap vertikal adalah dimensi yang biasa bagi 2 seksyen yang bersambungan, kedalaman air dan halaju arus ditetapkan ketika pemerhatian dibuat. Pemerhatian halaju yang mencukupi dibuat untuk memperolehi halaju purata pada setiap sempadan vertikal (Rajah 2). Maka halaju purata seksyen tersebut ialah :-

$$V = (v_{0.2d} \times v_{0.8d})/2 \text{ atau } v_{0.6d} \dots\dots\dots [3]$$

$$Q = (bd)(v_{0.2d} \times v_{0.8d})/2 \text{ atau } = (bd)(v_{0.6d}) \dots\dots\dots [4]$$

Hasil daripada halaju purata dan luas bagi setiap keratan akan memberikan luahan keratan. Manakala jumlah kesemua luahan keratan pula akan memberikan jumlah keseluruhan luahan.

$$Q = (Q_{0,1}) + (Q_{1,2}) + (Q_{2,3}) \dots\dots\dots + (Q_{n,n+1}) \dots\dots\dots [5]$$



Rajah 2: Teori Pengukuran Luahan

Dimana n ialah nombor tegak. Dengan ini, bacaan Q dalam m³/saat di perolehi. Untuk mendapat unit L/hari, formula di bawah digunakan.

$$Q = m^3/saat \times 86400 \text{ saat/hari} \times 1000 \text{ L/m}^3 \dots\dots\dots [6]$$

$$= L/hari$$

Manakala bagi pengiraan nilai muatan sedimen terampai (MS), ia dikira dan ditentukan dengan menggunakan nilai luahan, nilai TSS dan luas kawasan lembangan persampelan. Data yang dianalisis kemudiannya akan digunakan bagi melihat perubahan konsentrasi bahan ampaian dan hubungan dengan parameter hidrologi dan angkubah bebas yang lain.

$$MS = (Q \times TSS) / \text{kawasan lembangan persampelan}$$

$$= (l/hari \times \text{tan/l}) / \text{km}^2$$

$$= \text{tan/km}^2/\text{hari} \times 365 \text{ hari}$$

$$= \text{tan/km}^2/\text{tahun} \dots\dots\dots [7]$$

HASIL DAN PERBINCANGAN

Pengurusan sumber air di Sungai Chini haruslah dipertingkatkan. Di mana, hasil kajian konsentrasi sedimen terampai bagi ke dua-dua musim menunjukkan nilai yang tinggi dibandingkan sungai-sungai normal di Malaysia. Dapatan kajian ditunjukkan di Jadual 2. Nilai kepekatan sedimen pada musim hujan adalah tinggi iaitu 78 mg/L, jumlah ini hampir sekali

ganda berbanding musim normal iaitu 40.8 mg/L. fenomena ini adalah normal dimana, musim basah (hujan) akan menghasilkan sedimen yang lebih banyak berbanding musim normal. Faktor utama hakisan tanah ialah air hujan, kesan dari tenaga kinetik yang terhasil daripada hentaman titik-titik hujan serta kuasa mekanikal air larian permukaan yang akan menyebabkan berlakunya hakisan dipermukaan tanah dan akhirnya dibawa oleh air larian permukaan terus ke sungai sebagai sedimen. Nilai sedimen yang tinggi ini juga dapat membuktikan mungkin terdapatnya aktiviti penerokaan hutan di dalam lembangan Sungai Chini yang menyebabkan wujudnya kawasan terbuka dan akhirnya terdedah kepada proses hakisan.

Jadual 2: Kepekatan Sedimen Terampai (TSS) di Sungai Chini

Stesen persampelan	16/8/08 (mg/l)	4/12/08 (mg/l)	Jumlah	Purata
	Musim normal	Musim hujan		
S 1	17.2	28.8	46	30.66667
S 2	42	56	98	65.33333
S 3	22.4	71.2	93.6	62.4
Jumlah	81.6	156	-	158.4000
Purata	40.8	78	-	52.800001
Max	42	71.2	-	-

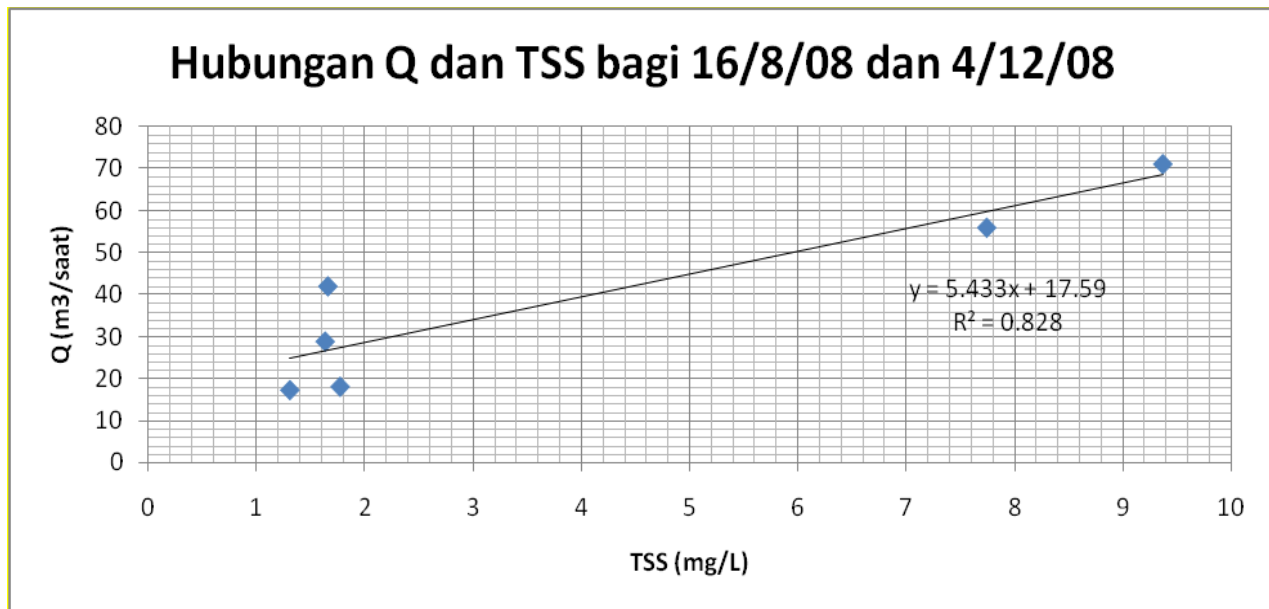
Hakisan tanah merupakan suatu masalah yang kompleks di kawasan tropika memandangkan keamatan air hujan yang tinggi. Hakisan bukan sahaja melarikan zat makanan tumbuhan, tetapi juga boleh mengakibatkan siltasi dan pencemaran air. Tenaga yang dihasilkan daripada hentaman titik-titik hujan ke atas permukaan tanah mengakibatkan berlakunya hakisan tanah (Sharifah Mastura, et. al. 2003). Justeru itu, bagi pengawal pengurusan sumber air dari aspek sedimentasi di kawasan ini, kaedah ketumpatan kanopi hutan yang stabil adalah amat sesuai, dimana ia boleh memainkan peranan dalam mengurangkan hakisan permukaan. Lapisan kanopi yang berlapis-lapis adalah berfungsi sebagai penurasan yang baik melalui proses pintasan dan sekali gus dapat mengurangkan kesan daripada hakisan percikan oleh titisan hujan (Mohd Ekhwan Toriman & Shukor Md. Nor. 2006). Justeru itu, aktiviti –aktiviti yang berpotensi menghasilkan kawasan terbuka di dalam kawasan lembangan ini haruslah dikawal.

Dapatan kajian daripada Jadual 3 menunjukkan nilai luahan (Q) di Sungai Chini pada musim normal dan musim hujan. Jumlah maksima luahan pada musim normal adalah di S3 iaitu 1.774 m³/saat dan ± 9 kali ganda pada musim hujan iaitu 9.371 m³/saat juga di S3. Bentuk fizikal Sungai Chini yang landai mungkin penyebab kepada keadaan luahan sungai berbentuk begini di mana semakin ke hulu semakin tinggi nilai luahannya. Apabila ditukar kepada liter per hari, purata luahan (Q) di musim normal adalah 136,656,000 L/hari dan 340,057,600 L/hari pada musim hujan. Rajah 3 pula menunjukkan hubungan antara nilai luahan (Q) dan nilai TSS di

Sungai Chini. Hubungan ini adalah signifikan, iaitu ($R^2=0.828$). Ini menunjukkan peningkatan nilai luahan (Q) akan menyebabkan nilai TSS meningkat, maka jasad air kelihatan lebih keruh. Dengan itu, nilai luahan (Q) merupakan faktor yang boleh mempengaruhi mobiliti atau kepekatan nilai TSS, di mana semakin tinggi halaju dan banyaknya kuantiti air, semakin tinggi sedimen terampai yang dihasilkan. Secara ringkasnya luahan (Q) merupakan faktor yang boleh mempengaruhi mobiliti dan pemendapan sedimen di sesuatu lembangan. Halaju air secara umumnya boleh mempengaruhi kadar hakisan dan pemendapan sedimen di sepanjang dan muara sungai. Semakin tinggi halaju air, maka semakin kuatlah kadar hakisan dan semakin banyak sedimen yang akan terhasil.

Jadual 3: Data luahan (Q) Di Sungai Chini

Stesen Persampelan	16/8/08 (musim normal)		4/12/08 (musim hujan)	
	(Q) cerapan (m ³ /saat)	Q / hari (L / hari)	(Q) cerapan (m ³ /saat)	Q / hari (L / hari)
S 1	1.31	113, 184, 000	1.636	141, 350, 400
S 2	1.661	143, 510, 400	7.745	669, 168, 000
S 3	1.774	153, 273 600	9.371	809, 654, 400
Max	1.774	113, 184, 000	9.371	141, 350, 400
Min	1.31	153, 273 600	1.636	809, 654, 400
Jumlah	4.745	409, 968, 000	18.752	1, 020, 172, 800
Purata	2.3725	136, 656, 000	6.2506667	340, 057, 600



Rajah 3: Hubungan Q dan TSS bagi 16/8/08 dan 4/12/08.

Tahap kualiti air sungai yang dikaji diperolehi melalui Indeks Kualiti Air (IKA) bagi mengelaskan sama ada air sungai tersebut tercemar, sederhana tercemar atau tidak tercemar. Jabatan Alam Sekitar (JAS) telah melaksanakan Program Pemantauan Kualiti Air Sungai di Malaysia sejak dari tahun 1978 yang bertujuan untuk meningkatkan tahap kualiti air sungai, mengesan perubahan dan mengenal pasti punca pencemaran. Program ini diserahkan kepada pihak kontraktor yang dilantik iaitu Alam Sekitar Malaysia Sdn. Bhd. (ASMA) sejak 1995 sehinggalah sekarang. Sebanyak 927 buah stesen pemantauan kualiti air secara manual terletak di 120 buah lembangan sungai di seluruh negara. Jumlah sedimen terampai (TSS) merupakan parameter pencemaran air sungai utama di Malaysia (Jamaluddin Md. Jahi, 2000). Oleh itu, kajian ini hanya menggunakan parameter TSS bagi menentukan status kualiti air sama ada bersih, sederhana tercemar atau tercemar. TSS juga digunakan untuk mengelaskan sungai di dalam Kelas I, II, III, IV atau Kelas V, berdasarkan Indeks Kualiti Air (IKA) dan Piawaian Sementara Standard Kualiti Air Kebangsaan untuk Malaysia (INWQS) setiap tahun.

Jadual 4 menunjukkan Kelas Indeks Kualiti Air yang telah di selaraskan oleh Jabatan Alam Sekitar (1998). Mengikut parameter yang telah digunakan di dalam kajian ini, Sungai Chini berada di kelas ke II pada musim normal iaitu 40.8 mg/L. Manakala pada musim hujan, sungai ini berada pada kelas III dengan nilai TSS sebanyak 78 mg/L. Purata bagi kedua-dua musim ini menunjukkan Sungai Chini berada pada kelas ke III iaitu 52.8 mg/L. Pada kelas ke II iaitu pada musim normal, terdapat dua pecahan kelas lagi, iaitu II a) dan II b). Bagi kelas II a) kegunaan sumber air ini hanya sesuai bagi tujuan bekalan air, ianya perlu dirawat dan masih sesuai untuk melindungi kehidupan spesies akuatik yang sensitif. Bagi kelas II b) pula, ia sesuai untuk kegiatan rekreasi (lihat Jadual 4). Manakala bagi kelas ke III, sumber air ini memerlukan rawatan intensif untuk tujuan bekalan. Bagi kehidupan spesies akuatik pula, ia masih lagi sesuai dan mempunyai nilai ekonomi. Bagaimanapun, air daripada sungai kelas III tidak sesuai untuk diminum manusia, sebaliknya hanya sesuai bagi binatang ternakan sahaja (lihat Jadual 4). Kualiti air di Sungai Chini menunjukkan pada kelas ke III iaitu sederhana tercemar, ini

memerlukan langkah pengawalan dan pencegahan dijalankan dengan segera bagi mengawal sungai ini dari terus tercemar serta mengelakkan berlakunya pelbagai impak buruk kesan daripada pencemaran air di sekitar kawasan ini.

Jadual 4 : Kelas Indeks Kualiti Air JAS

Kelas Sg.	Sedimen terampai (mg/l)	Catatan
i	< 25	Bersih dan tidak memerlukan rawatan kecuali bagi tujuan pembasmian kuman dan pendidihan. Juga amat baik bagi kehidupan spesies akuatik dan pertumbuhan plankton
ii	26 - 50	(a) Sesuai bagi tujuan bekalan air. Ia perlu dirawat dan masih sesuai untuk melindungi kehidupan spesies akuatik yang sensitif (b) Sesuai untuk kegiatan rekreasi
iii	51 - 150	Memerlukan rawatan intensif untuk tujuan bekalan. Bagi kehidupan sepsis akuatik pula, ia masih lagi sesuai dan mempunyai nilai ekonomi. Bagaimanapun, air daripada sungai kelas III tidak sesuai untuk diminum manusia, sebaliknya hanya sesuai bagi binatang ternakan.
iv	151 - 300	Hanya sesuai untuk tujuan kegiatan pengairan
v	>301	Tidak sesuai untuk semua kegiatan di atas

Sumber: disesuaikan dari Rosnah Hassan 2004 dan JAS 2005.

Muatan sedimen merupakan jumlah mobiliti sedimen yang mengalir keluar dari dasar di sesuatu tasik. Pertambahan kepadatan sedimen terampai setiap tahun mempunyai potensi tidak baik kepada sistem saliran sungai di kawasan tadahan kawasan tersebut. Pemendapan lumpur akan menjadi serius dari semasa ke semasa, jika masalah ini tidak dibendung, kualiti air, kecekatan dasar sungai dan tasik akan berlaku yang akhirnya meningkatkan potensi banjir di kawasan tersebut. Ia turut menjadi masalah kepada semua hidupan termasuklah pendudukan di sekitarnya. Kepekatan sedimen terampai harian telah dikira bagi mendapatkan muatan sedimen terampai di dalam Sungai Chini. Maklumat ini penting kerana sedimen terampai dari kawasan tadahan adalah bahagian hakisan tanah yang tertinggal di kawasan tadahan. Keputusan hasil analisis dan pengiraan telah dipamerkan dalam Jadual 5.

Jadual 5 menunjukkan anggaran keseluruhan muatan sedimen terampai di Sungai Chini yang diperoleh hasil daripada kajian ini. Pada musim normal jumlah muatan sedimen (MS) yang diperoleh dari analisis kajian adalah sebanyak 5.7 tan/hari manakala pada musim hujan pula adalah sebanyak 57.19 tan/hari. Beza muatan sedimen antara ke dua-dua musim adalah amat berbeza dimana pada musim hujan penghasilan sedimen di Sungai Chini adalah amat tinggi. Nilai ini apabila ditukarkan kepada tan km^2 per tahun, jumlah muatan sedimen pada musim hujan akan menjadi 3,192.155 tan/km^2 /tahun. Manakala bagi purata kedua-dua musim adalah sebanyak 31.45 tan/hari atau 1,755.242 tan/km^2 /tahun. Jumlah penghasilan sedimen ini adalah

bersamaan dengan ± 351 buah lori pasir yang berkapasiti 5 tan akan di hasilkan selama setahun. Dengan penghasilan sedimen sebanyak ini pada setiap tahun. Tanpa adanya langkah pemulihan dan pencegahan terhadap sistem saliran ini, kemungkinan sungai ini tidak akan bertahan lama, menjadi semakin cetek dan terus lenyap. Di sepanjang sungai, aliran air yang semakin kuat mewujudkan proses hakisan dan pengangkutan bahan mendak. Apabila aliran sungai memasuki kawasan yang lebih landai, ia akan mengakibatkan halaju air semakin berkurang. Pada masa ini, aliran dan luahan air sungai akan bertindak untuk memendapkan bahan mendak atau sedimen yang dibawa dari bahagian hilir sungai secara perlahan (Fazliwathy 2005).

Selain itu, pemendapan juga akan berlaku apabila isipadu air berkurangan terutamanya semasa musim kemarau yang panjang. Selain itu, sungai mengalir ke laut dan pemendapan akan berlaku di muara sungai lalu membentuk delta. Terdapat pulau di sepanjang aliran sungai yang menjadi penghalang kepada aliran sungai yang disebabkan oleh pemendapan berlaku. Pemendapan mungkin berlaku dan delta mungkin terbentuk jika terdapat tasik di sepanjang aliran sungai (Fazliwathy 2005). Pemendapan sungai paling banyak berlaku di hilir sungai kerana aliran sungai adalah paling perlahan di bahagian ini. Selain itu, proses pemendapan sedimen di muara sungai dipengaruhi oleh pelbagai faktor seperti proses pengangkutan, luahan sungai, halaju air dan jenis aliran sungai dan bentuk geometri sungai.

Jadual 5: Anggaran Muatan Sedimen Terampai di Sungai Chini

Stesen (Sungai Chini)	Kawas an (km ²)	Σ TSS (mg/l)	TSS (kg/l)	Angaran Q (m ³ /s)	Angaran Q (L/hari)	Hasil sedimen tan per hari (tan/hari)	Hasil sedimen tan km ² per hari (tan/km ² / hari)	Hasil sedimen tan km ² per tahun (tan/km ² / tahun)
Musim normal	4.36	40.8	0.000 040 8	2.3725	136, 656, 000	5.7035	1.3075	318.329
Musim hujan	4.36	78	0.000 078	6.25066 67	340, 057, 600	57.196	13.1185	3,192.155
Purata	4.36	59.4	0.000059 4	4.31158 3	238, 356, 800	31.44975	7.213	1, 755.242

Jika dibandingkan hasil kajian ini dengan kajian-kajian berkaitan proses sedimentasi yang telah dijalankan di Malaysia, nilai sedimen terampai yang terdapat di lembangan Sungai Chini adalah antara nilai yang paling tinggi iaitu 1,755.242 tan/km²/tahun (Jadual 6). Nilai kepekatan sedimen terendah bagi sublembangan yang telah dikaji ialah 10.186 tan/km²/tahun iaitu Sungai Anak Bangi. Selangor (Mohd Ekhwan et al. 2006). Bagi perbandingan nilai kepekatan sedimen terampai bagi kawasan tadahan lembangan Sungai Chini dengan sungai lain yang mempunyai luas lembangan yang tidak jauh beza pula adalah amat tinggi, di mana nilai TSS bagi Sungai Anak Bangi. Selangor yang mempunyai keluasan lembangan seluas 3.7 km² ialah sebanyak 10.186 tan/km²/tahun, sedangkan Sungai Chini mencatatkan nilai TSS yang tinggi dan amat jauh berbeza, iaitu 1,755.242 tan/km²/tahun dengan keluasan hanya seluas 4.36 km². Namun bergitu,

perbandingan kajian oleh Wan Ruslan & Zullayadini (1994) di Sungai Relau, Pulau Pinang dengan hasil kajian ini adalah tidak jauh berbeza iaitu 2,450.306 tan/km²/tahun dengan keluasan lembangan sebanyak 8.9 km². Walaubagaimanapun, nilai hasil kajian ini tetap lebih tinggi kerana jumlah keluasan lembangannya adalah separuh dari luas lembangan di Sungai Relau. Hakikatnya, ia menunjukkan jumlah penghasilan sedimen di kawasan lembangan ini adalah tinggi dibandingkan dengan sungai-sungai terpilih yang telah dikaji di Malaysia.

Jadual 6: Data luas kawasan tadahan dan muatan sedimen di sungai-sungai Malaysia

Kawasan Kajian	Luas Kawasan (km²)	Purata Muatan Sedimen (tan/km²/tahun)	Sumber
Sungai Tekam, Pahang	0.47	31.751	DID (1986)
Sipitang, Sabah	0.15	54.431	Malmer (1990)
Sungai Relau, Pulau Pinang	8.9	2,450.306	Wan Ruslan & Zullayadini (1994)
Sungai Pulau Pangkor	22	438.362	Ting M.T. (2006)
Sungai Anak Bangi	3.7	10.186	Mohd Ekhwan et al. (2006)
Sungai Chini	4.36	1, 755. 242	Hasil Kajian (2009)

ISU SEDIMENTASI DALAM KONTEKS PENGURUSAN SUMBER AIR BERSEPADU

Pengurusan sumber air bersepadu pada dasarnya mencakupi hubungan manusia dan alam sekitar. Ini bermakna, sumber air perlulah diperlakukan sebagai aset kepada alam sekitar, ekonomi dan sosial masa hadapan. Selain itu, prinsip utama pengurusan sumber air bersepadu meliputi polisi yang berfokuskan kepada pengurusan air (permintaan) dan penawaran tanpa berkompromi dengan keperluan untuk generasi masa hadapan. Pengurusan sumber air yang cekap bermakna membekalkan air kepada manusia dan hidupan akuatik mengikut keperluan habitat masing-masing. Ini bermakna, air yang dibekalkan bukan sahaja cukup dari segi kuantiti tetapi yang lebih penting memenuhi piawaian dari segi kualiti air. Seperti juga masalah pencemaran air yang lain, isu sedimentasi sebenarnya melangkaui masalah pencemaran air itu sendiri. Ia melibatkan keupayaan hidraulik sungai serta perubahan kepada pelan dan geometri sungai. Umpamanya, pemendapan sedimen di dasar sungai akan mempengaruhi keupayaan sungai mengalirkan luahan ke muara. Akibatnya sungai akan menjadi cetek dan kebarangkalian banjir berlaku menjadi semakin besar.

Dalam konteks ini, isu sedimentasi boleh dilihat dari dua dimensi utama, iaitu dari aspek pengurusan sumber berpunca dan sumber tidak berpunca. Kedua-duanya akan memberikan kesan kepada sumber air sedia ada.

a. Pengurusan sumber berpunca

Punca utama sedimentasi dari sumber berpunca lazimnya dapat dilihat dengan jelas, misalnya dari kawasan pembinaan di mana sedimen diangkut dari lokasi asal melalui sistem galur galir.

Sedimen lazimnya akan meningkat sekiranya langkah-langkah mitigasi tidak dilaksanakan dengan sempurna. Ini termasuk kegagalan pihak pemaju membina sistem perangkap sedimen dan kolam takungan.

Pengurusan sumber bertitik melibatkan pematuhan pihak pemaju dalam melaksanakan langkah mitigasi bagi mengurangkan kuantiti sedimen yang masuk ke dalam sungai. Hal ini menjadi lebih penting sekiranya lokasi pembinaan terletak di hulu dari loji rawatan air. Peningkatan sedimen di dalam sungai boleh mengganggu loji rawatan dan seterusnya mengganggu sistem bekalan air domestik dan industri. Akibatnya aktiviti ekonomi, sosial dan kesejahteraan manusia secara amnya akan terganggu terutama jika ianya melibatkan gangguan jangka masa panjang. Bagi mengurangkan sumbangan sedimen ke alur sungai, kaedah pengurusan sedimen seperti mana yang ditetapkan dalam Penilaian Impak Alam Sekitar (EIA) merupakan kaedah paling efisien dalam meramal dan seterusnya mengurangkan impak sedimen. Keupayaan EIA dalam meramal impak sebelum, semasa dan selepas pembinaan memberikan garis panduan kepada pemaju dalam mengurangkan muatan sedimen yang masuk ke alur utama.

b. Pengurusan sumber tidak berpunca

Lazimnya sumber sedimen dari kawasan tidak berpunca adalah daripada aktiviti guna tanah secara besar-besaran. Ini termasuk aktiviti pembalakan dan pembukaan kawasan pertanian secara ladang atau estet. Kebanyakan aktiviti ini menyumbang kepada sedimen secara besar-besaran terutama jika aktiviti dijalankan pada musim hujan dan pada awal pembukaan tanah. Pada masa ini, partikel tanah yang longgar lebih mudah diangkut oleh air larian sebelum masuk ke sungai-sungai utama. Di Malaysia, isu sedimentasi dari sumber tidak berpunca merupakan sumber pencemaran utama air sungai. Kaedah mitigasi bagi mengurangkan isipadu sedimen lazimnya lebih terarah kepada pengurusan hakisan tanah permukaan seperti tanaman tutup bumi dan membina teres bagi cerun yang curam. Dengan kaedah ini, sedimen yang dihasilkan dapat diminimakan. Bagi kawasan yang akan diusahakan sebagai tanaman ladang, kehilangan sedimen sangat berkait rapat dengan kesuburan tanah. Ini kerana sedimen permukaan yang diangkut oleh air larian akan membawa bersama-sama tanah humus yang subur. Oleh itu, melalui kaedah mitigasi yang baik boleh mengurangkan sedimen serta meningkatkan kesuburan tanah dengan lebih berkesan.

KESIMPULAN

Kepekatan sedimen terampai di tiga stesen di Sungai Chini adalah tinggi. Justeru ini beberapa langkah pemulihan dan pencegahan haruslah difikirkan dan dilaksanakan dengan segera memandangkan muatan sedimen terampai di dalam lembangan sungai adalah satu daripada aspek yang mempengaruhi kualiti air dan menimbulkan pelbagai masalah kelak. Pertambahan muatan sedimen terampai boleh menyebabkan kekeruhan pada jasad air, keadaan air tidak neutral, mengeluarkan bau dan warna yang tidak menyenangkan terhadap air sungai, kekurangan kemasukan cahaya matahari dan seterusnya mengganggu proses fotosintesis oleh tumbuhan akuatik yang terdapat dalam air serta organisme atau hidupan dalam air mati kerana kekurangan udara yang bersih dan cukup dalam air ataupun pH air yang tidak sesuai dan tercemar. Kadar luahan (Q) air di Sungai Chini pula merupakan antara faktor utama yang mempengaruhi mobiliti sedimen di kawasan tersebut. Dengan itu, pertambahan kadar aliran air boleh menyebabkan pertambahan kepekatan sedimen terampai. Maka, kepekatan sedimen terampai adalah berkait rapat dengan kejadian curahan hujan yang meningkatkan nilai luahan sungai tersebut. Namun

begitu, faktor peningkatan nilai sedimen di Sungai Chini bukanlah disebabkan aspek cerapan semata-mata. Faktor aktiviti di Sungai Chini dan sekitar lembangan tersebut juga memberi sumbangan yang besar seperti aktiviti pergerakan bot yang menghakis tebing-tebing sungai, penerbangan hutan, pertanian, perlombongan dan faktor semula jadi seperti banjir. Daripada pencerapan yang diperhatikan semasa persampelan dan maklumat yang diperolehi dari penduduk setempat, kawasan tadahan Tasik Chini menghadapi masalah banjir dan aliran songsang daripada Sungai Pahang semasa musim hujan yang membawa sedimen yang banyak ketika banjir terus ke dalam tasik. Walau bagaimanapun, pemendapan sedimen hanya ketara berlaku di Sungai Chini sahaja.

Bagi tujuan pelancongan, pengawalan paras air dan masalah aliran songsang daripada Sungai Pahang semasa musim hujan yang membawa sedimen yang banyak memasuki Sungai Chini. Satu empangan kecil yang juga lebih dikenali sebagai 'baraj' telah dibina pada tahun 1996. Namun begitu, pengurusan sumber air yang dibina ini masih tidak efisien dimana pada musim banjir, aliran songsang air dari Sungai Pahang tetap memasuki Sungai Chini apabila paras airnya meningkat melebihi 'baraj' yang dibina. Kesannya menjadi lebih buruk dimana apabila paras air menurun, sedimen yang di bawa masuk ke Sungai Chini tidak dapat keluar sepenuhnya ke Sungai Pahang kerana dihalang oleh 'baraj' tersebut. Implikasi daripada ini juga, kemerosotan flora dan fauna yang terdapat di Tasik Chini menjadi semakin bertambah, sebagai contohnya pokok bunga teratai yang dahulunya menjadi kebanggaan dan simbul terhadap Tasik Chini kini semakin berkurangan dan hampir lenyap, begitu juga dengan toman tasik yang kini sudah tidak aktif dan semakin pupus. Oleh itu, satu kaedah pengurusan, pendekatan dan pengawalan haruslah di fikirkan bagi mengatasi masalah ini. Pengurusan sumber air di Sungai Chini tidak dapat dipandang remeh kerana ia memberi kesan terus terhadap khazanah yang kita miliki dan akan diwarisi kelak iaitu tasik semulajadi kedua di Malaysia.

RUJUKAN

Al-Quran, Surah As-Shaff : ayat 12.

Baszley Bee Basrah Bee, Nik Hassan Shuhaimi Nik Abdul Rahman, Shahriman Ghazali dan Asyaari Muhamad. Dlm. Mushrifah Idris, Khatijah Hussin dan Abdul Latif Mohamad. 2005. *Sumber Asli Tasik Chini*. Universiti Kebangsaan Malaysia. Bangi. Selangor.

Detwyler, T. R. & Marcus, M.G. 1985. *Perbandaran dan Persekitaran Geografi Fizikal Bandar*. Terj. Sulong Mohamad. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.

Fazliwathy binti Salleh. 2005. *Tren Mobiliti Sedimen dan Masalah Pemendapan di Persekitaran Muara Sungai Terengganu*. Jabatan Geografi, Universiti Kebangsaan Malaysia. Bangi.

Felix Tongkul. 2000. *Sedimentologi*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia. Bangi. Malaysia.

Jabatan Alam Sekitar. 1995. *Laporan kualiti alam sekitar*. Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar, Kuala Lumpur.

Jabatan Alam Sekitar. 2005. *Penentuan piawaian indeks kualiti air kebangsaan*. Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar, Kuala Lumpur.

- Jamaluddin Md. Jahi. 2000. *Pengurusan Persekitaran Di Malaysia: Isu Dan Cabaran*. Program Pengurusan Persekitaran. Pusat Pengajian Siswazah. UKM. Bangi. Malaysia.
- Mohd Ekhwan, Toriman. 2005. Hydrometeorological conditions and sediment yield in the upstream reach of Sungai Bebar, Pekan forest reserve, Pahang. Dlm. *Biodiversity Expedition Sungai Bebar, Pekan, Pahang Summary Findings*. Peat Swamp Forest Project.
- Mohd Ekhwan Toriman & Shukor Md. Nor. 2006. An analysis of rain interception on the selected experimental plot of Pangkor Hill Reserved Forest. *Journal Wildlife and National Park*, hlm 169-178.
- Mohd Ekhwan Toriman, Mazlin Mokhtar, Othman Karin, M. Barzani & Raihan Taha. 2006. *Short-Term Sediment Yield From Small Catchment of Sungai Anak Bangi, Selangor*. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Mohd Ekhwan Toriman. 2007: *Geografi Alam Sekitar Fizikal 1*. Penerbit Oxford Fajar Sdn. Bhd. Kuala Lumpur. 532 m.s.
- Mushrifah Idris & Ahmad Abas Kutty. 2005. Tren of Physico-chemical Water Quality. Dlm. Mushrifah Idris, Khatijah Hussin & Abdul Latiff Mohamad (pnvt.). *Sumber Asli Tasik Chini*, hlm. 20-29. *Sumber Asli Tasik Chini*. Bangi: Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Mushrifah Idris, Khatijah Hussin dan Abdul Latif Mohamad. 2005. *Sumber Asli Tasik Chini*. Universiti Kebangsaan Malaysia. Bangi. Selangor.
- Noorazuan Md Hashim, Jalaluddin M. Saad, Noor Farizam Othman, Wong Ka Mei & Hani Ab Rani. 2001. *Kajian Angkutan Sedimen Dan Beban Dasar Sungai Di Lembangan Sungai Hijau Bukit Fraser*. Pusat Pengurusan Penyelidikan UKM. Malaysia.
- Rosnah Hassan. 2004. *Kajian Serakan Plum Sedimen di Luar Pantai Langat, Selangor*. Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan. UKM. Bangi.
- Sharifah Mastura., Sabry Al-Toum and Othman Jaafar. 2003. Rainsplash Erosion: A Case Study in Telaka River Catchment, East Selangor, Malaysia. *Geografia* Vol. 1 Issue 4, hlm 44-59.
- Shuhaimi-Othman, M., Lim Eng Chong, Mushrifah Idris & Shaharudin Idrus 2005. Kualiti Air Dan Logam Berat Di Tasik Chini, Pahang. *Prosiding Seminar IRPA RMK-8, Kategori EAR:Jilidiii:216-220*.
- Sulong Mohamad & Mohd Ekhwan Toriman. 2006: Implikasi Struktur Kunci Air Ke Atas Aktiviti Pelancongan Dan Penduduk Di sekitar Sungai Chini dan Tasik Chini, Pahang. *Journal E-Bangi*. Jld 1 (1), hlm 1-13.

Wan Ruslan Ismail. 1994. *Pengantar Hidrologi*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kementerian Pendidikan Malaysia. Kuala Lumpur. Malaysia.

Wan Ruslan & Zuliyadini A. Rahman. 1994. The Impact of Quarrying Activity on Suspended Sediment Concentration and Sediment Load of Sungai Relau, Pulau Pinang, Malaysia. *Malaysia Journal of Tropical Geography*. 25(1): hlm 45-57.

Mohd Ekhwan Toriman¹, Mohd Khairul Amri Kamarudin¹, Norazlina Abd Aziz¹, Haslinur Md Din¹, Frankie Marcus Ata¹, Mushrifah Idris², Nor Rohaizah Jamil², Muhammad Barzani Gasim² & Mazlin Mokhtar³.

¹ Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran
Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan
43600 UKM, Bangi
Email: ikhwan@ukm.my

² Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam
Fakulti Sains dan Teknologi
43600 UKM, Bangi.
Email: noorohaizahjamil@yahoo.com

³ Institut Alam Sekitar dan Pembangunan
43600 UKM, Bangi.
Email: mazlin@ukm.my